

М. В. САВИЦЬКИЙ, О. Г. ЗІНКЕВИЧ (Придніпровська державна академія будівництва і архітектури, Дніпропетровськ), А. М. ЗІНКЕВИЧ (ДІТ)

## ВПЛИВ ЕКСЦЕНТРИСИТЕТУ НА РОБОТУ СТИСНУТИХ ЕЛЕМЕНТІВ В КАРКАСІ БУДІВЛІ З ЛСТК

Отримані залежності характеристик редукованих перерізів сталевих тонкостінних профілів від величини ексцентриситету прикладення стискаючого зусилля. Виконано оцінку значимості впливу додаткового ексцентриситету (виникаючого внаслідок зміщення центральних осей перерізу при редукуванні) та можливість його врахування для певних задач шляхом введення коефіцієнту.

*Ключові слова:* каркаси з легких сталевих конструкцій, сталеві тонкостінні холодногнуті профілі, редукування перерізів

### Вступ

Застосування легких сталевих тонкостінних конструкцій (ЛСТК) дозволяє отримати достатньо ефективні рішення зі зведення малоповерхових будівель та надбудов завдяки високій технологічності та заводській готовності, малій трудомісткості. Немалозначним фактором є невелика власна вага конструкцій (для стін і перекриттів 40...90 кг/м<sup>2</sup>), що найбільш важливо для надбудов при реконструкції будинків.

Зважаючи на це, в Україні все більше виробників пропонують на ринку досить широку номенклатуру сталевих тонкостінних холодногнутих оцинкованих профілів.

Проте, ряд факторів заважає широкому впровадженню цієї технології. Зокрема, відсутність в достатній кількості нормативної та довідкової інформації, необхідної проектувальнику для розрахунку таких конструкцій, а також, висока вартість спеціалізованого програмного забезпечення.

### Постановка проблеми

Найчастіше каркаси зі сталевих тонкостінних холодногнутих профілів утворюються із шарнірно з'єднаних елементів - вузлові моменти не виникають, але, у той же час, у більшості випадків стискаючі зусилля в стінових елементах прикладаються з ексцентриситетами або діють разом з поперечними навантаженнями, які викликають у перерізах згинальні моменти. Елементи працюють як позацентрово стиснуті або стиснуто згинальні.

Норми проектування [1] передбачають розрахунок редукованих характеристик перерізу в залежності від розподілу напружень в його елементах. Це в свою чергу передбачає ітераційний процес, на кожному кроці якого зміню-

ються характеристики перерізу і відповідно розподіл напружень.

Оскільки при позацентровому прикладенні навантаження напруження по перерізу розподіляються нерівномірно, після редукування переріз С-профілю втрачає симетричність щодо початкового центру ваги. При несиметричній зміні геометричних характеристик перерізу відбувається зміщення центральних осей перерізу (рис. 1), що у свою чергу призводить до появи додаткового ексцентриситету і згинаючого моменту. Врахування додаткового ексцентриситету вимагає значного збільшення кількості ітерацій для оцінки геометричних характеристик редукованого перерізу.

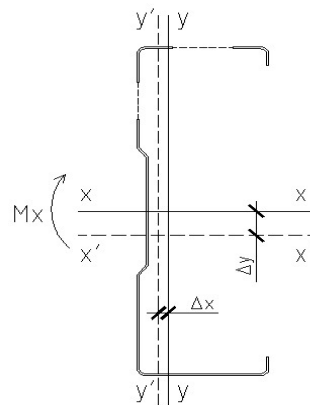


Рис. 1. Зміщення центральних осей редукованого перерізу при позацентровому стиску

Розрахунок елементів конструкцій з такими особливостями роботи без застосування спеціалізованих програмних комплексів являється достатньо громіздкою задачею.

### Мета роботи

Мета роботи полягала у виявленні залежностей зміни геометричних характеристик реду-

кованого перерізу від величини ексцентриситету. Оцінювалась значимість впливу додаткового ексцентриситету та можливість його врахування для певних задач (розрахунок елементів каркасу малоповерхових будівель) шляхом введення коефіцієнту, що дало б можливість зменшити трудомісткість розрахунків без використання спеціалізованого програмного забезпечення.

### Вплив ексцентриситету на характеристики перерізу

Вплив величини ексцентриситету на характеристики редукованого перерізу оцінювався на прикладі профілів КСЦ 140-1.2 [2]. Схеми перерізу профілю без редукування та редукованого перерізу при позацентровому стиску наведені на рис. 2.

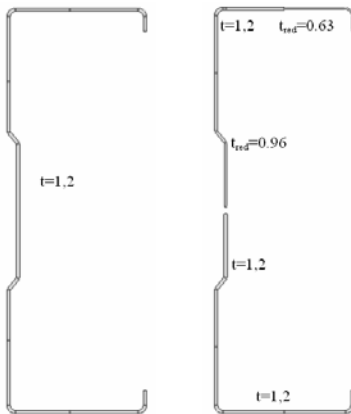


Рис. 2. Схеми перерізу профілю КСЦ 140-1.2 без редукування та при позацентровому стиску (товщини наведені в мм)

Розглядалися напружені стани перерізів для значення стискаючої поздовжньої сили  $N = 20$  кН та декількох значень згинаючого моменту  $M$  (прийняті зусилля характерні для елементів каркасу малоповерхової будівлі [3]).

Залежності характеристик редукованого перерізу від величини відносного ексцентриситету  $m_x$  наведені в табл. 1 та на рис. 3.

### Вплив додаткового ексцентриситету на роботу елемента каркасу

Найбільший вплив на роботу елемента має величина додаткового ексцентриситету, що виникає в площині дії моменту (ексцентриситету прикладення зовнішніх зусиль). Залежність величини додаткового ексцентриситету  $e_n$  від ексцентриситету прикладення навантаження наведена на рис. 4.

Таблиця 1

### Характеристики перерізу профілю КСЦ 140-1.2 при зміні величини згинаючого моменту

Характеристика	Повний переріз	Значення характеристик редукованого перерізу при величині відносного ексцентриситету $m_x$			
		0 (N=20 кН, M=0 кНм)	1,1 (N=20 кН, M=0,9 кНм)	1,5 (N=20 кН, M=1,2 кНм)	2,6 (N=20 кН, M=2,0 кНм)
$A_{eff}$ , см <sup>2</sup>	2,92	2,88	2,831	2,769	2,6
$I_x$ , см <sup>4</sup>	85,1	84,6	82,24	79,86	75,09
$I_y$ , см <sup>4</sup>	6,94	6,92	6,57	6,24	5,63
$x_0$ , см	1,17	1,18	1,14	1,1	1,07
$y_0$ , см	6,94	6,92	6,8	6,67	6,37
$\Delta x$ , см	-	-0,01	0,03	0,07	0,1
$\Delta y$ , см	-	0,02	0,14	0,27	0,57

Примітка.  $x_0$  – абсциса центру ваги,  $y_0$  – ордината центру ваги перерізу.

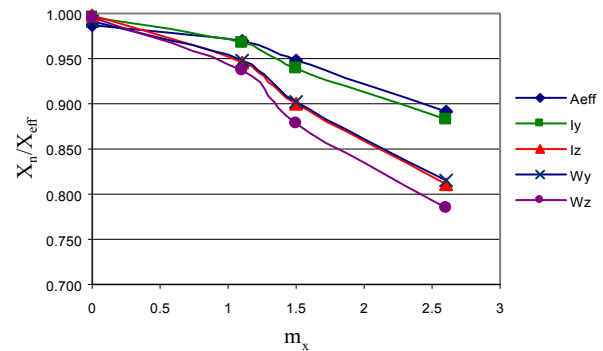


Рис. 3. Залежності зміни характеристик редукованого перерізу при зміні величини відносного ексцентриситету для профілю КСЦ 140-1.2:

$X_n$  – характеристика повного перерізу,

$X_{eff}$  – характеристика редукованого перерізу

Для виявлення значимості впливу додаткового ексцентриситету на несучу здатність (стійкість) елементів каркасу аналізувалися позацентрово стиснуті елементи (профілі КСЦ 140-1.2) з різною величиною ексцентри-

ситету прикладення навантаження (згинаючого моменту).

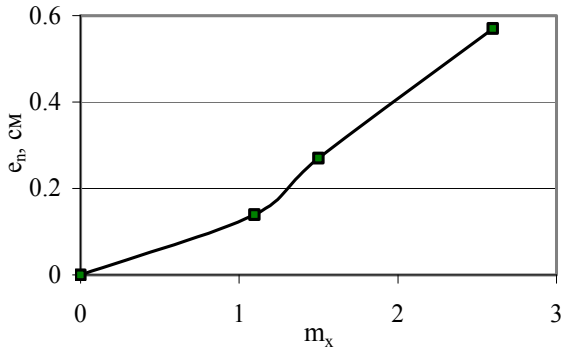


Рис. 4. Додатковий ексцентриситет  $e_n$  від зміщення осей редукованого перерізу при зміні ексцентриситету прикладення навантаження

Розглядалась робота стійки й ексцентриситет у площині більшої жорсткості. Передбачається, що в площині меншої жорсткості (площині обшивки стіни або перекриття) несуча здатність забезпечується розкріпленням елемента обшивкою (підбором кроку з'єднань з обшивкою) [4].

Виявлялися гранична розрахункова довжина елемента, при якій зберігається стійкість у випадку прикладення розглянутого навантаження, а також оцінювалися максимальні напруження в перерізі для стійки довжиною  $l_{ef} = 300$  см при тих же навантаженнях. Отримано залежності розглянутих величин з врахуванням та без врахування виникаючого додаткового ексцентриситету при редукуванні перерізів.

Отримані залежності граничної розрахункової довжини та напружень в перерізі за результатами розрахунку профілю КСЦ 140-1.2 наведені на рис. 5 та в табл. 2.

Таблиця 2

**Гранична розрахункова довжина і напруження в перерізі елемента довжиною 3 м при зміні відносного ексцентриситету**

N, кН	M, кНсм	$m_x$ , $e = e_x$	e см	$L_{efu}$ , М		$\sigma_{max}$ , МПа	
				$\sigma_{max} = R_y \gamma_c$		$l_{ef} = 300$ см	
				$e = e_x$	$e = e_x + e_n$	$e = e_x$	$e = e_x + e_n$
20	0	0	0	7,95	7,95	85,4	85,4
20	90	1,09	4,5	6,65	6,6	159,5	161,7
20	120	1,50	6	5,4	5,25	190,6	195,2
20	200	2,60	10	2,6	2,2	285	297

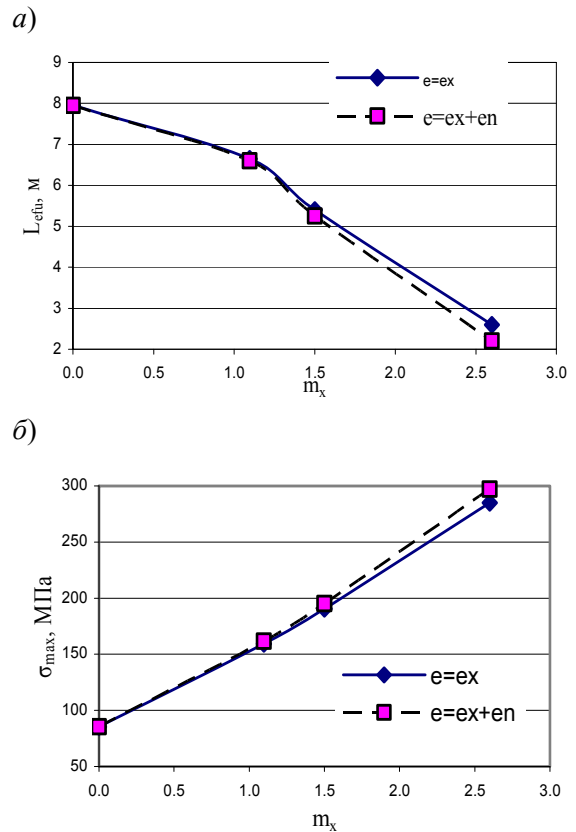


Рис. 5. Залежності граничної розрахункової довжини (а) і напружень в перерізі елемента довжиною 3 м (б) при зміні відносного ексцентриситету для профілю КСЦ 140-1.2

## Висновки

З отриманих результатів видно, що додатковий ексцентриситет, який виникає внаслідок зміщення центральних осей перерізу при його редукуванні, незначно впливає на несучу здатність (стійкість) елементів у розглянутому діапазоні розрахункових довжин і зусиль, характерних для малоповерхових будинків.

Збільшення напружень у перерізі елемента довжиною 3 м для розглянутих сполучень зусиль (профілі КСЦ 140-1.2) не перевищує 5 %, що може бути враховано відповідним зниженням розрахункового опору матеріалу профілю на 5 % (коефіцієнт 0,95).

## БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Eurocode 3 Design of steel structures. EN 1993-1-3 : 2004 [Текст]: Part 1-3: General rules. Supplementary rules for cold-formed members and sheeting. Stage 34. CEN. European Committee for Standardisation.
2. ТУ У В.2.6- 27.3-02070772-001:2009 [Текст]: Профілі холодногнуті з тонколистової оцинкованої сталі. Технічні умови.

3. Савицкий, Н. В. Анализ работы элементов каркасов малоэтажных зданий из тонкостенных холодногнутох профилей [Текст] / Н. В. Савицкий, О. Г. Зинкевич, А. Н. Зинкевич // Сб. научн. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение., Вып. № 48. ч. 2. – Дн-ск: ПГАСА, 2009. – С. 214-218.
4. Савицкий, Н. В. Влияние жесткости обшивки на расчетную длину сжатой стойки каркаса из

ЛСТК между узлами закрепления [Текст] / Н. В. Савицкий, О. Г. Зинкевич, А. Н. Зинкевич // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 32. - Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 115-117.

Надійшла до редколегії 29.02.2012.  
Прийнята до друку 22.03.2012.

Н. В. САВИЦКИЙ, О. Г. ЗИНКЕВИЧ (Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, Днепропетровск), А. Н. ЗИНКЕВИЧ (ДИИТ)

## **ВЛИЯНИЕ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА НА РАБОТУ СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КАРКАСЕ ЗДАНИЯ ИЗ ЛСТК**

Получены зависимости характеристик редуцированных сечений стальных тонкостенных профилей от величины эксцентриситета приложения сжимающего усилия. Выполнена оценка значимости влияния дополнительного эксцентриситета (возникающего вследствие смещения центральных осей сечения при редуцировании) и возможность его учета для определенных задач путем введения коэффициента.

*Ключевые слова:* каркасы из легких стальных конструкций, стальные тонкостенные холодногнутох профили, редуцирование сечений

N. SAVITSKY, O. ZINKEVYCH (Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnepropetrovsk), A. ZINKEVYCH (Dnepropetrovsk National University of Railway Transport)

## **ECCENTRICITY INFLUENCE ON WORK OF THE LIGHTWEIGHT STEEL FRAMING BUILDINGS' COMPRESSED ELEMENTS**

Dependences of compression load eccentricity on steel cold-formed elements cross-section's reducing were received. The estimations of additional eccentricity's influence (caused by displacement of the central axes after cross-section's reducing) and an opportunity of its account by factor's introduction were carried out.

*Keywords:* lightweight steel framing, steel cold-formed thin gauge members, cross-section's reduce